

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Patentschrift  
⑯ DE 44 10 046 C 1

⑯ Int. Cl. 6:  
B 22 C 7/02

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:  
EOS GmbH Electro Optical Systems, 82152 Planegg,  
DE

⑯ Vertreter:  
Prüfer, L., Dipl.-Phys.; Materne, J., Dipl.-Phys.  
Dr.rer.nat.habil., Pat.-Anwälte, 81545 München

⑯ Erfinder:  
Langer, Hans J., Dr., 82166 Gräfelfing, DE;  
Wilkening, Christian, 86911 Dießen, DE; Keller,  
Peter, 82152 Martinsried, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE 41 33 923 A1  
US 48 63 538  
DE-Z: »konstruieren und gießen« 17, (1992), 4,  
Seite 13 - 19;

⑯ Verfahren und Material zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts durch Sintern

⑯ Bei einem Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts, wie es beispielsweise für Feinguss-Urmodelle verwendet wird, mittels Lasersintern tritt das Problem auf, daß das gesinterte Material beim Ausschmelzen aus einer Überzugsschicht wegen innerer Spannungen, seiner hohen Schmelztemperatur und geringen Viskosität die Überzugschicht beschädigt bzw. zerstört. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, als Material eine Mischung von zwei Komponenten mit verschiedenem Schmelzpunkt zu verwenden. Beim Ausschmelzen muß dann nur bis zu einer Temperatur zwischen beiden Schmelzpunkten erhitzt werden.

DE 44 10 046 C 1

DE 44 10 046 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Pulvermaterial zur Verwendung in einem derartigen Verfahren nach Anspruch 7.

Ein Verfahren der genannten Art ist beispielsweise aus der US-A-4 863 538 bekannt. Hier wird eine vorbestimmte Menge eines pulverförmigen Kunststoffmaterials auf eine Unterlage bzw. eine vorher erzeugte Schicht eines Objekts aufgebracht, dort verteilt und mittels eines Laserstrahls an den dem Objekt entsprechenden Stellen bestrahlt, so daß das Material dort zusammensintert (sogenanntes Lasersintern).

Daneben ist es bekannt, ein Feinguß-Urmodell zunächst aus Wachs herzustellen und anschließend durch eine Tauchbeschichtung mit einer wenige Millimeter dicken Keramikschicht zu umhüllen. Durch Erhitzung wird die Keramikschicht zur fertigen Form gehärtet und gleichzeitig das Wachsmodell darin durch Ausschmelzen entfernt. Nachteil des Wachses ist jedoch dessen geringe mechanische Stabilität bzw. Sprödigkeit und thermische Beständigkeit. Ferner läßt sich Wachs nur schlecht maschinell bearbeiten.

Mit einem Verfahren nach der US-A-4 863 538 wäre es möglich, die Herstellung des Wachmodells zu erleichtern. Allerdings ist die Verwendung von Wachspulver im Lasersinterprozeß wegen der Überhitzungsgefahr des Pulverbettes schwierig und erfordert zusätzliche Maßnahmen wie Kühlung. Aus diesem Grund wurde bereits die Verwendung von Polycarbonat als Material in Betracht gezogen. Dieses Material verlangt aber bei der Sinterung eine sehr genaue Temperaturregelung der obersten Pulverschicht von etwa 2 bis 5°C unterhalb des Schmelzpunktes des Materials. Auch erlaubt die gegenüber dem Wachs erheblich höhere Schmelztemperatur kein einfaches Übernehmen des üblichen Ausschmelzprozesses. Schließlich ist die Viskosität der Polycarbonat-Schmelze erheblich höher als die von geschmolzenem Wachs, so daß die Keramikhülle nicht durch einfaches Ausfließen der Schmelze entleert werden kann, sondern die Schmelze regelrecht ausgebrannt werden muß.

Aus der DE-OS 41 33 923 ist ein Verfahren zum Herstellen eines Feinguß-Urmodells mittels Stereolithographie bekannt, bei der jeweils eine Schicht eines flüssigen, UV-aushärtbaren Materials aufgebracht und durch Einwirkung eines Laserstrahls an den der Form entsprechenden Stellen verfestigt wird. Die Feingußmodelle werden zweckmäßig aus zwei Werkstoffen mit unterschiedlichen Schmelzpunkten angefertigt, um Formschäden durch Schalensprengung beim Ausschmelzen der Modelle zu verhindern.

Aus der Druckschrift "konstruieren + gießen" 17, (1992), Nr. 4, Seiten 13 bis 19 ist ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 bekannt.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art und ein dafür geeignetes Material zu schaffen, mit dem die genannten Probleme vermieden werden. Insbesondere soll die Herstellung des Modells in einfacher Weise und vorzugsweise bei Raumtemperatur und das Ausschmelzen ohne die Gefahr der Zerstörung der Überzugsschicht möglich sein.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. durch ein Material mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren basiert also auf dem aus der obengenannten US-A-4 863 538 bekannten

Lasersinterverfahren, auf das hiermit zur weiteren Erläuterung verwiesen wird. Im Unterschied zum bekannten Verfahren wird jedoch bei der Erfindung kein einheitliches Pulvermaterial, sondern eine Mischung aus mindestens zwei Komponenten mit unterschiedlichem Schmelzpunkt verwendet. Eine erste Komponente besteht im wesentlichen aus einem Pulvermaterial mit hohem Schmelzpunkt, vorzugsweise über 150°C, und eine zweite Komponente weist ein Pulvermaterial mit dem gegenüber niedrigerem Schmelzpunkt von beispielsweise 60 bis 130, vorzugsweise etwa 90°C auf. Die Verwendung der niedrigschmelzenden zweiten Komponente hat dabei auch den Vorteil, daß die Lasersinterung etwa bei Raumtemperatur durchgeführt werden kann, wodurch der Aufbau der Sintermaschine erheblich einfacher gehalten werden kann.

Als erste Komponente wird entweder ein Kunststoffpulver wie Polyamid oder ein Metall- oder Keramikpulver verwendet. Als zweite Komponente kommt insbesondere ein thermoplastischer Kunststoff wie Copolyamid oder Copolyester in Frage. Die Korngroße der beiden Komponenten liegt vorzugsweise im Bereich von 50 bis 100 µm.

Der Anteil der ersten bzw. zweiten Komponente an der Gesamtmenge des Materials kann entsprechend den gewünschten mechanischen Eigenschaften des fertigen Objekts eingestellt werden; beispielsweise führt ein hoher Anteil der niedrigschmelzenden Komponente, also von Copolyester oder Copolyamid, zu flexiblen Objekten, während bei einem niedrigeren Anteil eine erhöhte Härte und Steifigkeit erreicht wird. Auch wird von dem Mischungsverhältnis ebenso wie durch die Auswahl der beiden Komponenten die für das Ausschmelzen erforderliche Temperatur bestimmt. Günstige Mischungsverhältnisse liegen etwa im Bereich von 50 bis 90 Vol.-% und vorzugsweise 75 bis 85 Vol.-% der ersten Komponente und dem entsprechenden Rest der zweiten Komponente.

Nach der schichtweisen Verfestigung des Objekts durch Lasersinterung und gegebenenfalls einer Nachbehandlung wird das Objekt durch eine Tauchbeschichtung mit einer wenige Millimeter dicken Keramikschicht umhüllt. In einem weiteren Verarbeitungsschritt wird das Objekt zusammen mit der Keramikschicht auf eine Temperatur erhitzt, die über der Schmelztemperatur der zweiten Komponente, aber unter der Schmelztemperatur der ersten Komponente liegt. Diese Temperatur liegt je nach verwendetem Material bei etwa 60 bis 130°C. Es schmilzt also nur die niedrigschmelzende zweite Komponente, wodurch aber das Gefüge des in gewissem Umfang porösen Sintermaterials des Objekts, das im Vergleich zum Vollmaterial nur eine Dichte von 50 bis 75% aufweist, in sich zusammenbricht und die Viskosität des Gesamtmaterials auf Werte vergleichbar derjenigen von ausschmelzendem Wachs absinkt, so daß das Material aus der Keramikhülle durch entsprechende geeignete Löcher ausfließen kann. Wegen des Aufschmelzens lediglich der niedrigschmelzenden zweiten Komponente treten beim Schmelzen nur geringe innere Spannungen und damit geringe Verzugserscheinungen auf, so daß die Gefahr, daß die Keramikhülle, die gleichzeitig bei der Erhitzungstemperatur gehärtet wird, beschädigt oder zerstört wird, durch das erfindungsgemäße Verfahren reduziert wird.

## Patentansprüche

## 1. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensiona-

len Objekts, insbesondere eines Feinguß-Urmodells durch Lasersintern, dem jeweils eine Schicht eines pulverförmigen Materials aufgebracht und durch Einwirkung elektromagnetischer Strahlung an den dem Objekt entsprechenden Stellen verfestigt wird, dadurch gekennzeichnet, daß als Material eine Mischung von zwei Komponenten mit verschiedenem Schmelzpunkt verwendet wird. 5

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Objekt nach der Verfestigung und 10 nach Beschichtung mit einer Überzugsschicht auf eine vorzugsweise zwischen den Schmelzpunkten der beiden Komponenten liegende Temperatur erhitzt wird und dadurch eine Komponente ausgeschmolzen wird. 15

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als erste Komponente ein Kunststoff mit einem Schmelzpunkt von mindestens 150°C, beispielsweise Polyamid, und als zweite Komponente ein thermoplastischer Kunststoff verwendet wird. 20

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als erste Komponente ein Metall- oder Keramikpulver und als zweite Komponente ein thermoplastischer Kunststoff verwendet wird. 25

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf eine im Bereich von 60°C bis 130°C liegende Temperatur erhitzt wird. 30

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verfestigung durch Bestrahlung der Schicht des Materials mittels eines Laserstrahls und vorzugsweise bei Raumtemperatur erfolgt. 35

7. Pulvermaterial zur Verwendung bei der Herstellung von dreidimensionalen Objekten mittels Lasersintern, bestehend aus einer ersten Komponente mit einem Schmelzpunkt von mindestens 150°C und einer zweiten Komponente mit einem niedrigen Schmelzpunkt. 40

8. Pulvermaterial nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Komponente ein niedrigschmelzendes, vorzugsweise thermoplastisches Kunststoffpulver wie z. B. Copolyamid oder Copolyester ist. 45

9. Pulvermaterial nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Komponente ein hochschmelzendes Kunststoffpulver, z. B. Polyamid, ein Metall- oder Keramikpulver ist. 50

10. Pulvermaterial nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Korngröße des Pulvers zwischen 50 µm und 100 µm beträgt.

11. Pulvermaterial nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Schmelzpunkt 55 der zweiten Komponente bei etwa 60 bis 130°C, vorzugsweise bei etwa 90°C bis 100°C liegt.

**- Leerseite -**

**Translation of relevant parts of DE 44 10 046 C1**

Method and material for producing a three-dimensional object  
by sintering

Description

The invention relates to a method for producing a three-dimensional object according to the preamble of claim 1 as well as to a powder material for use in such a process according to claim 7.

A method of the aforementioned kind is known from US-A-4 863 538, for example. Here, a predetermined amount of a pulverous plastic material is applied to a support or to a layer of an object created in advance, distributed there, and irradiated at the positions corresponding to the object by a laser beam such that the material sinters there (so-called laser sintering).

Furthermore, it is known to first produce an investment casting model from wax and to thereafter coat it with a ceramic layer having a thickness of few millimetres by a dip coating. The ceramic layer is hardened to form the completed mould by heating and, at the same time, the wax model therein is removed by melting-out. However, a disadvantage of the wax is its low mechanical stability and brittleness and thermal durability, respectively. Further, wax can not be machined very well.

With a method according to US-A-4 863 538 it would be possible to facilitate the production of a wax model but the use of wax powder in a laser sintering process is difficult due to the risk of overheating of the powder bed and requires additional measures such as cooling. Due to this, the use of polycarbonate as material was already considered. Anyhow, this material requires a very exact temperature control of the uppermost powder layer of approximately 2 to 5°C below the melting point of the material during sintering. Also, the remarkably higher melting temperature as compared to the wax does not allow to simply adapt the conventional process of melting out. Eventually, the viscosity of the melt of polycarbonate is considerably higher than that of molten wax so that the ceramic shell can not simply be emptied by flowing-out of the melt but the melt must be really burnt out.

From DE-OS 41 33 923 a method for producing an investment casting model by means of stereo lithography is known in which respective layers of a fluid material which is UV-curable are applied and hardened by influence of a laser beam at the positions corresponding to the mould. Reasonably, the investment casting models are produced from two materials having different melting points to prevent damages to the mould by shell demolishing during melting-out of the models.

[...]

Therefore, the method according to the invention is based on the laser sintering process known from the above mentioned US-A-4 863 538 to which is referred for further explanation. As a difference to the known method, in the invention no uniform powder material is used but a mixture of at least two components having different melting points. A first component consists basically of a powder material having a high melting

point, preferably above 150°C, and a second component comprises a powder material having a lower melting point as compared, for example 60 to 130, preferably approximately 90°C. The use of the low melting second component has the advantage that the laser sintering can be performed approximately at room temperature with the result that the construction of the sintering machine can be maintained significantly simpler.

As first component a plastic powder such as polyamide or a metal or ceramic powder is used. As second component in particular a thermoplastic plastic such as co-polyamide or co-polyester comes into consideration. The grain size of both components is preferably in the range from 50 to 100 µm.

The percentage of the first and second components, respectively, of the overall amount of the material can be set according to the desired mechanical properties of the completed object. For example a high percentage of the low melting component, which means of co-polyester or co-polyamide, leads to flexible objects, while an increased strength and stiffness is reached with a lower percentage. Also, the temperature required for the melting out is determined by the mixture ratio as well as by the selection of both components. Advantageous mixture ratios are in the range of 50 to 90 percent by volume and preferably 75 to 85 percent by volume of the first component and of the corresponding remainder of the second component.

After the layerwise solidification of the object by laser sintering and, if necessary, further processing, the object is coated by a ceramic layer of few millimetres by dip coating. In a further processing step the object is heated together with the ceramic layer to a temperature which is above the melting temperature of the second component but below the

melting temperature of the first component. This temperature is at approximately 60 to 130°C depending on the material which is used. So, only the low melting second component melts having the result that the structure of the somehow porous sinter material of the object which only has a density of 50 to 75% as compared to bulk material collapses and the viscosity of the overall material lowers to values comparable to those of melting-out wax such that the material can flow out from the ceramic shell through appropriate holes. Due to the melting of only the low melting second component, during melting only low internal stresses occur and, as a result, low warping occurs such that the risk of the ceramic shell which is simultaneously hardened at the heating temperature to be damaged or destroyed is reduced by the method according to the invention.

[...]